

A rekultiváció során spontán betelepült endomikorrhiza gombaflóra tanulmányozása visontai hányóföldeken

VÖRÖS IBOLYA és SZEGI JÓZSEF

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A magasabb rendű növények gyökerével obligát szimbiózisban élő endomikorrhiza gombák elterjedtek a természetes növénytársulásokban és a mezőgazdasági művelés alatt álló talajokban /NICOLSON, 1967; GERDEMANN, 1972/. A *Zigomycetes* törzs *Glomales* rendjének hat genusába /*Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerocystis* és *Scutellospora*/ tartozó mintegy 100 faj képezhet ilyen szimbiózist /MORTON és BENNY, 1990/.

Az ektomikorrhiza gombáktól eltérően az endomikorrhiza gombák hifáikkal nemcsak a gyökérkéreg sejt közötti járataiba, hanem a sejtekbe is behatolnak, ott jellegzetes képleteket, ún. vezikulumokat és arbuszkulumokat hozhatnak létre. E miatt a szakirodalom vezikuláris-arbuszkuláris, azaz VA-mikorrhizának /VAM/ is nevezi őket. Ezek a mikroszkopikus méretű, válaszfal nélküli hifájú gombák a gyökerek felületén laza hálót alkotnak. Ivartalan szaporodásuk klamido- és azigospórákkal történik, amelyek keletkezhetnek egyesével a hifákon, vagy csoportosan sporokarpiumokban. Ivaros szaporodásuk a zigogámia vagy konjugáció.

Az endomikorrhiza gombák csaknem valamennyi virágos növénynél előfordulnak, nem szorosan fajspecifikusak. A szimbiózis során elősegítik a növények víz- és tápanyagfelvételét, különösen a foszforét. A gombahifák bizonyos gyökérszőr funkciókat töltenek be, a növények felszívó felületét 80-100-szorosára is megnövelhetik, s a gyökér által már kimerített zónán messze túljutva, nagyobb talajtérfogat tápanyagtartalmát képesek hasznosítani. Pozitív gomba-növény kapcsolat esetén termésnövekedést és a növények foszfortartalmának növekedését tapasztalták /MOSSE, 1957; GERDEMANN, 1964/. Egyes speciális esetekben azonban az endomikorrhiza gombák patogén módon is viselkedhetnek /BAYLIS, 1967/.

Az endomikorrhiza gombák kutatása a fejlett országokban elterjedt, míg hazánkban ez a terület eléggé elhanyagolt.

A vizsgálatok az élettani összefüggéseken kívül elsősorban azt célozzák, hogy megfelelő oltóanyag előállításával növeljék a mezőgazdasági növények terméshozamait, környezetkímélő technológiával foszforműtrágyát helyettesítsenek. Az oltóanyag előállításával és a növények oltásával kapcsolatos munka azonban hosszadalmas, mert a gomba obligát szimbionta volta miatt csak élő anyagon, azaz az élő növények gyökerében képes szaporodni.

A kutatások másik fontos területe az ipar által károsított területek rekultivációja során az endomikorrhiza gombáknak a szukcesszió elősegítésében betöltött szerepe /JANOS, 1980; MUROMISEV et al., 1987/.

Vizsgálati anyag és módszer

A geológiai mélyrétegekből felszínre került bányászati hányóföldek rekultivációja során spontán betelepült endomikorrhiza gombák elterjedését vizsgáltuk a különböző hányóföldekben 6 és 13 éves rekultiváció után árpa és kukorica növénynél. Erre a célra az 1983-ban és 1976-ban Visontán beállított rekultivációs tartankísérletekből vett mintákat használtuk fel.

Az 1976 tavaszán beállított kísérlet hányóföldjei /andezit tufa, pannonkori sárga homok, sárga agyag és szürke agyag/ a Thorez külfejtésű bánya munkagödréből származtak.

A hányóföldeket és a területen található eredeti talajt /csernozjom barna erdőtalaj/ 80 cm átmérőjű földbe ásott betongyűrűkbe helyeztük el és különböző rekultivációs kezeléseket vetettük alá: 1. kontroll; 2. NPK-műtrágya; 3. NPK-műtrágya + lignitőrlemény. A műtrágyázott kezelésekre 300 kg N-, 180 kg K₂O- és 180 kg P₂O₅-hatóanyagnak megfelelő alapozó műtrágyát adagoltunk hektárra számítva. A lignites variánsba 3 t/ha lignitdarát is vittünk. Ezután borsót, majd kukoricát vetettünk. Ősszel a műtrágyázott és a 3. variánsban a lignites kezelést a tavaszi adagnak megfelelő mértékben megismételtük és őszi búzát vetettünk, amelynek termését felaprítva zöldtrágyaként bedolgoztuk a hányóföldekbe - a kontrollok kivételével - 84 kg N/ha műtrágya bevitele mellett. A következő években a legkülönbözőbb növényeket /lucerna, kukorica, szudáni fű, cukorcirok, stb./, majd több éven keresztül búzát és kukoricát vetettünk. A második évtől kezdve minden ősszel 240 kg N/ha, 120 kg P₂O₅/ha és 120 kg K₂O/ha hatóanyagnak megfelelő műtrágyát alkalmaztunk.

A második kísérlet beállítására 1983 tavaszán került sor. Két pannonkori hányóföldtípust /sárga homok és sárga agyag/, valamint az erőműből származó pertyét vontuk be a kísérletbe. A kezeléskombinációk a következők voltak: 1. kontroll; 2. NPK; 3. NPK + lignit, 4. kommunális szennyvíziszap 10 t/ha, és 5. 40 t/ha száraz anyagnak megfelelő dózisban.

A vizsgált hányóföldek és a kontroll feltalaj legfontosabb eredeti kémiai és fizikai sajátosságait az 1. táblázatban mutatjuk be.

A kísérlet beállítása a műtrágyázott variánsokban 400 kg N, 200 kg K₂O és 200 kg P₂O₅ alapozó hatóanyaggal történt hektárra számítva. A lignites kezelésbe 1,6 t/ha lignitőrleményt is vittünk. A kísérleti növény cukorcirok volt, melynek termését zöldtrágyaként bedolgoztuk a hányóföldekbe a kontrollok és a szennyvíziszapos kezelések kivételével. Ezután itt is minden ősszel az üzemi adagnak megfelelő hatóanyagot szórtuk ki az NPK-variánsok esetén. A 3. számú kezelésbe 1,2 t/ha lignitdarát is bedolgoztunk. A szennyvíziszapos variáns két alkalommal kapott 10 t/ha ill. 40 t/ha száraz anyagnak megfelelő kommunális szennyvíziszapot 1983-ban és 1985-ben. Ezután búzát és egyes években másodvetésű kukoricát is termesztettünk.

1988 őszén mindkét kísérletben árpát vetettünk, majd másodvetésként kukoricát. Mind az őszi árpa, mind a kukorica talajából meghatároztuk az endomikorrhiza gombaspórák számát. A vizsgálat az ún. nedves szítálással történt GERDEMANN és NICOLSON módszere szerint /1963/. A növények endomikorrhizával történt fertőzöttségi fokát KRJUGER és munkatársai /1968/ szerint a gyökerek anilinkékes festésével vizsgáltuk. Mikroszkóp alatt megszámloltuk a gyökereken az endomikorrhizas látótereket. $F = n \cdot 100/N$ képlettel kiszámítható a mikorrhizas infekció előfordulási gyakorisága, ahol N a mikroszkóppal vizsgált összes látóterek száma, n pedig azoknak a látótereknek a száma, ahol endomikorrhiza micéliumok voltak láthatók.

1. táblázat

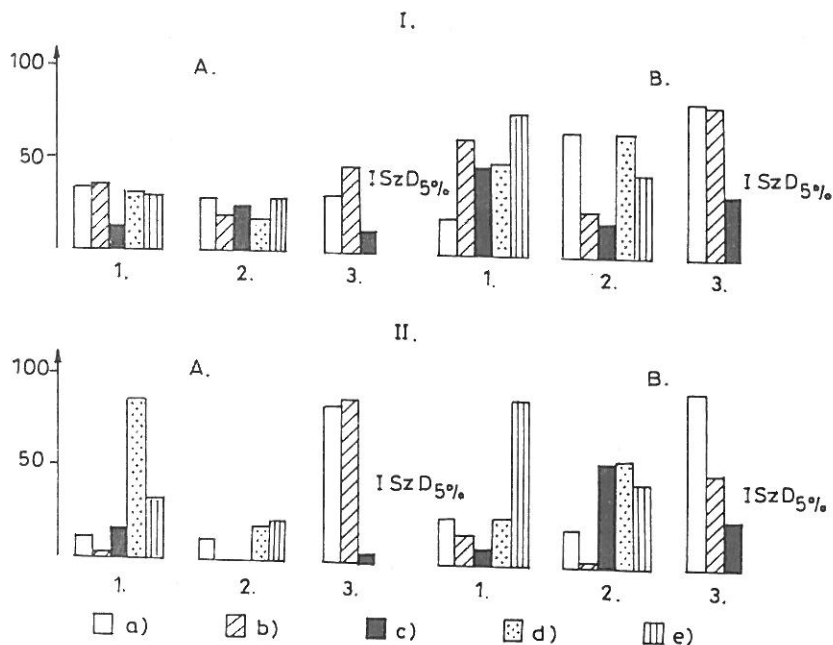
A felhasznált hányóföldök fontosabb fizikai és kémiai jellemzői a kísérlet beállításakor

/1/ A minta neve	pH		CaCO ₃ %	/2/ Összes só %	/3/ K _A	/4/ h _y	/5/ Fizikai homok és agyag aránya %	/6/ Szerves anyag %	ppm		
	/H ₂ O/ /KCl/								NO ₃ +NO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O
a/ Ereketi talaj	7,7	6,9	1,2	0,07	56	4,74	33,0:67,0	3,12	12,0	42	288
b/ Andezit tufa	7,7	6,7	1,3	0,08	66	6,75	29,4:70,6	0,11	3,3	56	190
c/ Sárga homok	6,8	6,7	0,2	0,01	35	0,69	75,2:24,8	0,04	3,2	34	72
d/ Sárga agyag	8,2	7,3	11,5	0,02	62	3,36	36,8:63,2	0,09	2,1	44	139
e/ Szürke agyag	7,8	7,4	25,6	0,04	55	2,39	38,5:61,5	0,79	18,3	48	36
f/ Erőművi pernye	8,5	7,3	1,0	0,12	66	0,70	97,6:2,4	1,79	5,6	223	357

Az eredmények értékelése

Az 1. ábrán a 7. éve rekultiváció alatt álló hányóföldekben található endomikorrhiza gombaspórák mennyiségét és a termesztett növények gyökerein megfigyelhető infekciós gyakoriságot /F/ mutatjuk be.

Az eredményekből megállapítható, hogy az endomikorrhiza gombák hatéves rekultiváció után már megtalálhatók valamennyi hányóföldnél. Látható, hogy



1. ábra

Endomikorrhiza gombák vizsgálata 7. éve rekultiváció alatt álló hányóföldeken árpa /A/ és kukorica /B/ jelzőnövény esetén. I. Mikorrhizás infekció gyakorisága a jelzőnövény gyökerein /F/. II. Endomikorrhiza gombaspórák száma /spóraszám/100 g talaj/. Hányóföldek: 1. Sárga agyag; 2. Sárga homok; 3. Pernye. Kezelések: a/ Kontroll; b/ NPK; c/ NPK + lignit; Kommunális szennyvíziszap: d/ 10 t/ha; e/ 40 t/ha

az agyag és a homok esetében a gombaspórák száma a kezeletlen hányóföldnél magasabb, mint a műtrágyázott variánsokban, mind árpa, mind kukorica jelzőnövény alatt. A legmagasabb spóramennyiséget viszont a pernyénél találtuk. Az agyagnál és a homoknál a szennyvíziszapos kezelés növelte az endogén spórák számát.

Az endomikorrhizás infekció gyakorisága mindhárom hányóföldnél a kukorica gyökerein volt magasabb. Ez összefüggésben lehet azzal, hogy kukoricát több éven keresztül termesztettünk, míg árpát először 1989-ben.

Az árpa infekciós gyakorisága valamennyi hányóföldnél 50 % alatt maradt, és az egyes kezelések között nem volt jelentős eltérés, illetve a lignit bevitele a szimbiózis mértékét az agyagnál és a pernyénél kissé csökkentette.

A kukorica gyökerén tapasztalható infekciós gyakoriság az agyag rekultivációs kezelést kapott variánsainál magasabb volt, mint a kontrollban, a homoknál viszont a kontrollban volt magasabb, mint a műtrágyázott variánsokban. A pernyénél mind a kontrollban, mind az NPK-kezelésben erős szimbiózis alakult ki a kukorica és a gomba között.

Amennyiben az infekciós gyakoriságot és a talajban visszamaradt spórák mennyiségét hasonlítjuk össze, azt látjuk, hogy ezek egyértelmű pozitív tendenciát csak a pernyénél mutatnak. Az agyag és a homok hányóföldnél sok esetben negatív korrelációt tapasztalunk. Ez azt jelenti, hogy a talajban jelenlévő magasabb spóraszám nem feltétlenül jelenti azt, hogy a szimbiózis mértéke ennek megfelelő, és fordítva, alacsonyabb spóraszám esetén is kialakulhat viszonylag magas infekciós gyakoriság.

A hányóföldekben fellelhető endomikorrhiza spórák mennyisége inkább a hányóföldek minőségétől és a kezelésektől függött, a növénytől kevésbé. Ugyanakkor az infekciós gyakoriság erősen gazdanövény-függő volt.

A 2A. ábrán a 14. éve rekultiváció alatt álló hányóföldek vizsgálati eredményeit tüntettük fel árpa jelzőnövényénél.

Az alsó grafikonon /II./ látható, hogy az endogén spórák száma a hányóföldek közül a sárga agyag NPK + lignites variánsában a legmagasabb, az eredeti talajét is meghaladja. Az eredeti talajnál és a sárga homoknál a spóraszám a kontrollokban magasabb, mint a sok tápanyagot tartalmazó NPK-kezelésben. A többi hányóföldnél ez ellentétesen alakult, sőt a kezeletlen sárga agyagban ki sem tudtuk mutatni.

A gyökereken található infekció a spóraszámmal ellentétben a homok hányóföld rekultivációs kezelést kapott variánsaiban volt a legmagasabb. Az andezit tufánál és a homoknál az F-érték az eredeti talajéhoz hasonlóan a kontrollokban alacsonyabb és a műtrágyázott variánsokban magasabb. Amennyiben a spóraszámokat és az infekciós gyakoriságokat hasonlítjuk össze, itt is azt tapasztaljuk, hogy legtöbb esetben ellentétesen alakul.

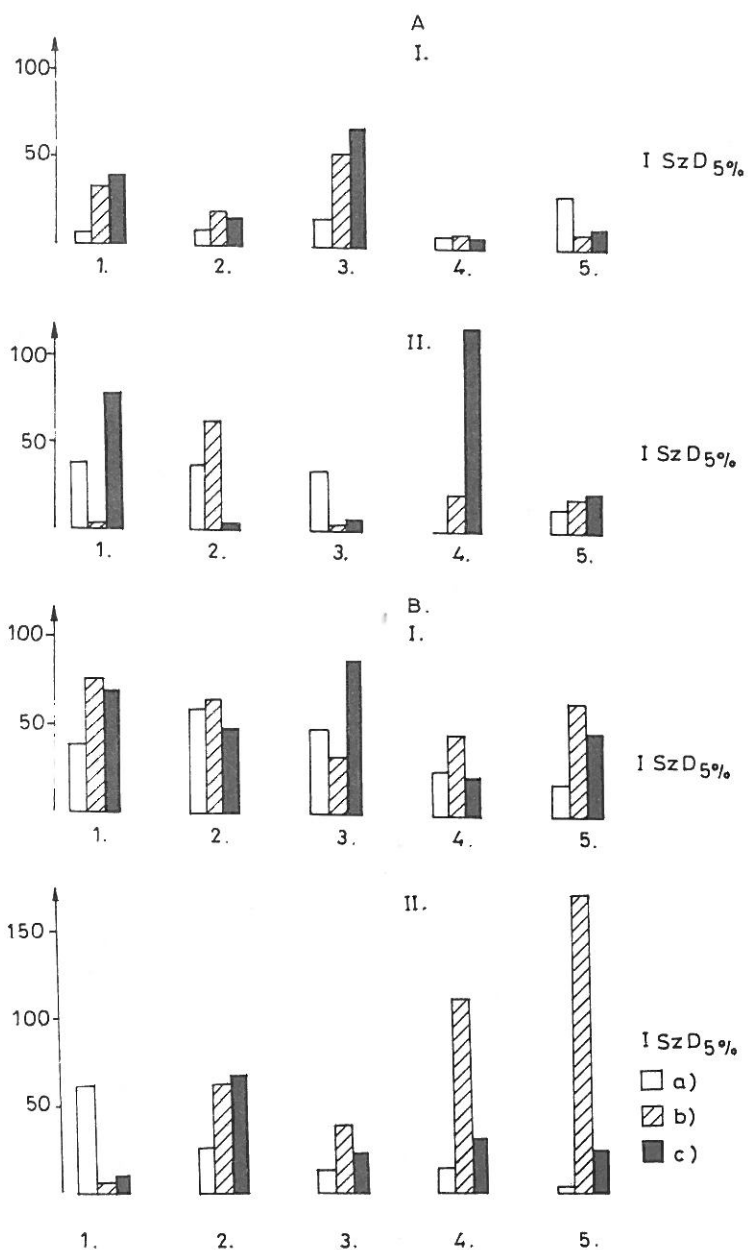
A 2B. ábrán ugyanezen kísérletben termesztett kukorica gyökerein található endomikorrhiza infekciós gyakoriságot és a talajban visszamaradt spórák mennyiségét mutatjuk be.

Az alsó oszlopdiagramon látható, hogy a hányóföldek spóraszámát a kontrollokban alacsony, a tápanyagban gazdagabb NPK-kezelésekben magasabb, különösen a két agyagféleség esetében, ahol az eredeti talajét is meghaladja.

A mikorrhizás infekció gyakorisága az eredeti talajban és két hányóföld esetében /tufa és homok/ a spóraszámokkal ellentétesen alakult. A két agyagtípusban a spórák mennyiségével hasonló a grafikonok lefutása.

A növények mikorrhiza dependenciája a növény és a gomba minőségén kívül leginkább a környezeti feltételektől függ. A kutatások szerint víz- és tápanyagszegény talajokban a szimbiózis könnyebben jön létre, mert a növénynek is szüksége van segítőtársra. Ezt tapasztaltuk mi is a pernye és a sárga homok esetében, ahol főleg a rossz vízgazdálkodási viszonyok lehetnek a meghatározók.

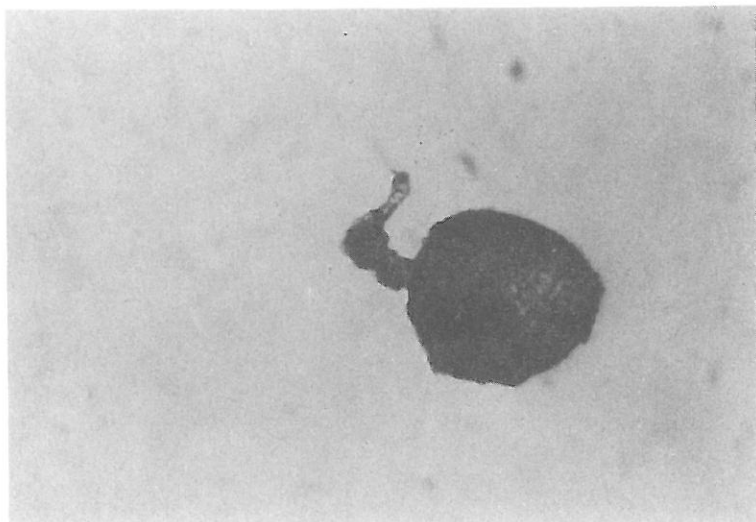
Az irodalmi forrásmunkák értelmezése szerint a kontrollokban magasabb infekciós gyakoriságot kellett volna valamennyi kísérletünkben kapni, mint a tápanyaggal jobban ellátott hányóföldeken. Kísérletünkben azonban ez nem minden esetben érvényesült, különösen a 14 éves kísérleteknél. Ennek magyarázatát abban látjuk, hogy az eredetileg is kevés tápanyagot tartalmazó kontroll hányóföldek tápanyagtartalma az évek során olyan mértékben elszegényedett, hogy a termesztett növény már fejlődésében is korlátozott volt. Más irodalmi adatok szerint bizonyos szintű, de nem túl magas tápanyag- és vízellátottságra a pozitív gomba-növény kapcsolatnak is szüksége van. Ezt a kísérletünk igazolni látszik. Amikor az endomikorrhiza gomba vegetatív növekedése valamilyen ok miatt korlátozott, a sporuláció dominálhat, azaz spórákat viszonylag nagy mennyiségben találtunk a kezeletlen hányóföldekben is, de az infekció alacsony volt.



2. ábra

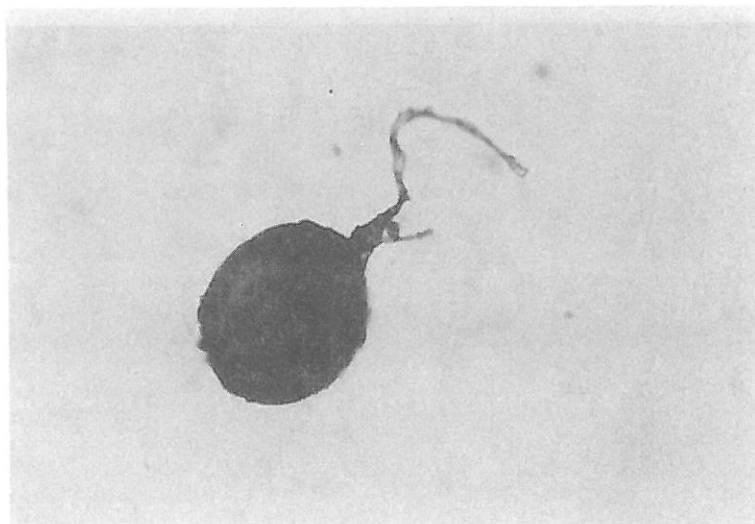
Endomikorrhiza gombák vizsgálata 14.éve rekultiváció alatt álló hányóföldeken árpa /A/ és kukorica /B/ jelzőnövény esetén. I-II., valamint a/-c/: lásd 1. ábra. Hányóföldek: 1. Feltalaj; 2. Andezit tufa; 3. Sárga homok; 4. Sárga agyag; 5. Szürke agyag

A különböző hányóföldekből gombaspórákat izoláltunk. A vizsgálataink során a hányóföldekből a *Glomus* /3. ábra/ és a *Gigaspora* /4. ábra/ genusokhoz tartozó spóratípusokat tudtuk kimutatni.



3. ábra

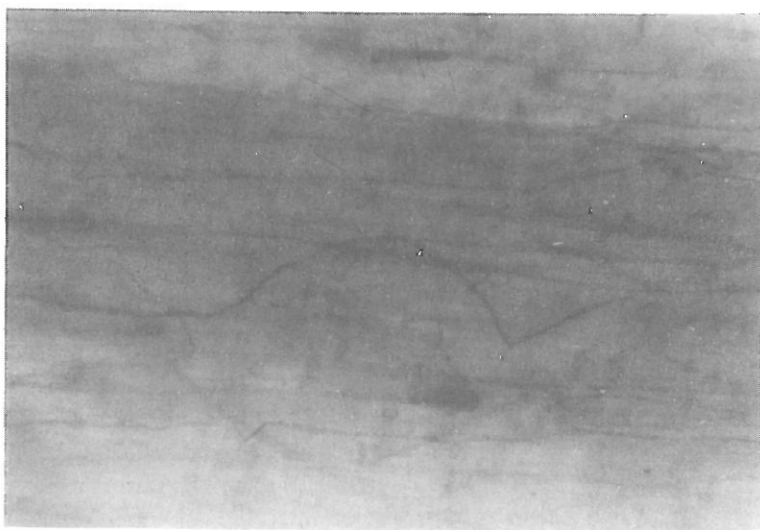
A hányóföldekből izolált *Glomus* nemzetséghez tartozó spóra



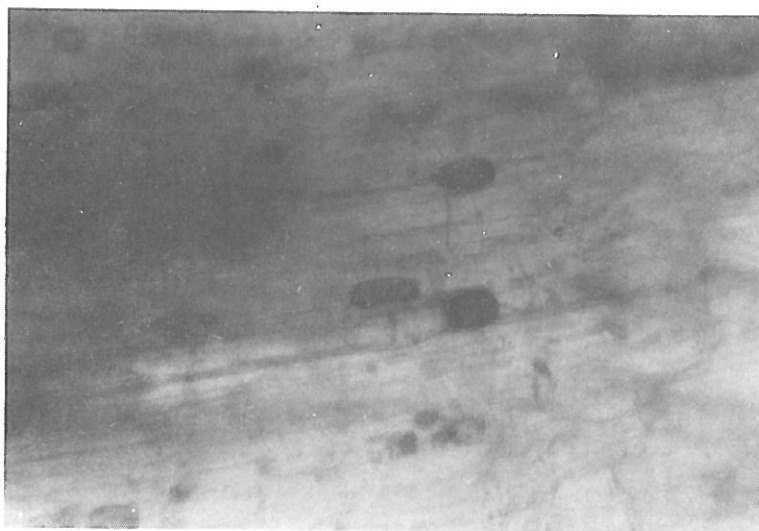
4. ábra

A hányóföldekből izolált *Gigaspora* nemzetséghez tartozó spóra

Az 5. ábrán a kukorica gyökérkérgi részében látható hifákat mutatjuk be, a 6. ábrán a gomba által létrehozott vezikulumokat. A rekultivációs tartamkísérlet a 7. ábrán látható.



5. ábra
Endomikorrhiza gombahifák a gyökérkéregben



6. ábra
Vezikulumok a gyökérkéregben



7. ábra
A rekultivációs tartankísérlet

Összefoglalás

A magasabb rendű növények /így legtöbb termesztett növény/ gyökerével obligát szimbiózisban élő endomikorrhiza gombák tanulmányozása foszforműtrágyák kiváltása és a rekultiváció elősegítése miatt igen fontos. Vizsgálatainkat különböző típusú és kezelésű, hetedik és tizennegyedik éve rekultiváció alatt álló hányóföldekben végeztük. Nedves szitálás módszerével meghatároztuk a hányóföldekben található gombaspórák számát, anilinkékes festéssel mikroszkópban tanulmányozva vizsgáltuk az árpa és a kukorica gyökerein található endomikorrhiza infekció előfordulási gyakoriságát /F/.

A nyers hányóföldek eredetileg nem tartalmazzak endomikorrhiza gombákat, sőt legtöbbjük más szaprofita talajmikroorganizmust sem, de a rekultiváció során a környezetből VA-mikorrhizákkal is benépesülnek.

Az egyes hányóföldekben az endomikorrhiza gombák száma főleg a hányóföld típusától és a kezelésektől függött, míg az infekciós gyakoriságra a termesztett növény is meghatározó volt. A sporuláció és az infekciós gyakoriság sok esetben fordított korrelációt mutatott, ami azt jelentette, hogy gyengébb tápanyagellátottság esetében a sporuláció magas volt, míg a szimbiózis alacsony. Egyes hányóföldeknél viszont a spóraszám és az F-érték hasonlóan alakult. A sporuláció és infekciós gyakoriság közötti bizonyos anomáliák valószínűleg abból fakadnak, hogy nem normál talajjal, hanem hányóföldekkel van dolgunk.

Vizsgálataink során a hányóföldekben a *Glomus* és a *Gigaspora* genusokhoz tartozó endomikorrhiza gombákat tudtuk kimutatni. A gombanemzetségek előfordulási arányával kapcsolatos vizsgálatainkat tovább folytatjuk.

Irodalom

- BAYLIS, G. T. S., 1967. Experiments on the ecological significance of phycomycetous mycorrhizas. *New Phyt.* 66. 231.
- GERDEMANN, J. W., 1964. The effects of mycorrhiza on the growth of maize. *Mycologia.* 56. 342.
- GERDEMANN, J. W., 1972. The significance of VA mycorrhizae in plant nutrition. In: *Root diseases and soilborne pathogens.* /Eds.: TOUSSOUN, T. A., BEGA, R. V. and NELSON, P. E./ University of California Press, Berkeley, Ca.
- GERDEMANN, J. W. and NICOLSON, T. H., 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46. 235-244.
- JANOS, D., 1980. VA mycorrhizae affect lowland tropical rain forest plant growth. *Ecology.* 61. 151-163.
- KRJUGER, L. et al., 1968. Ucsenie zapiszki Permszkiego pedagogiceszkiego insztituta, Perm, 69-80.
- MORTON, J. B. and BENNY, G. L., 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi /Zigomycetes/: A new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 37. 471-491.
- MOSSE, B., 1957. Growth and chemical composition of mycorrhizal and non-mycorrhizal apples. *Nature, London.* 179. 922.
- MURDMITSEV, G. S., ZOLNIKOVA, N. V. and MARSHUNOVA, G. N., 1987. Vesicular-arbuscular mycorrhiza of agricultural crops in soddy-podzolic soils of the USSR. In: *Proc. of the 9th Int. Symp. on Soil Biol. and Conserv. of the Biosphere* /Ed.: SZEGI, J./ 873-884. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- NICOLSON, T. H., 1967. VA mycorrhiza - a universal plant symbiosis. *Sci. Prog. Oxford.* 53. 561.

Érkezett: 1991. január 10.

Studies on the Endomycorrhizal Fungi Colonized During Recultivation in Mine Spoils at Visonta

I. VÖRÖS és J. SZEGI

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the
Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

Studies on the Endomycorrhizal fungi living in obligate symbiosis on the roots of higher plants are of great importance, both for the elimination of phosphorus fertilizers and in the interests of recultivation. The investigations were carried out on different kinds of spoils after seven and fourteen years of recultivation. The spore counts of endomycorrhizal fungi in the spoils were determined by the wet sieving method. The frequency of infection in barley and maize roots was assessed using the aniline blue staining method.

Endomycorrhizal fungi are generally absent from untreated mine spoils, which do not contain other saprophytic microorganisms either. However, they are colonized by VA-mycorrhizal fungi from the surrounding environments during recultivation.

The counts of endomycorrhizal fungi in individual spoils were mainly dependent on the type of spoil and the treatments, while the infection frequency was also characterized by the cultivated crop.

In many cases there was an inverse correlation between sporulation and infection frequency, which meant that in the case of an insufficient nutrient supply the spore numbers were high, while symbiosis was low. But in some spoils, the propagule number and the infection frequency showed similar trends. The anomalies between sporulation and infection frequencies can probably be attributed to the fact that the studies were made on mine spoils, not natural soils.

In the spoils under investigation, species belonging to the genera *Glomus* and *Gigaspora* were identified. Studies on the frequency ratio of these genera are still in progress.

Table 1. Major physical and chemical characteristics of the spoils at the beginning of the experiment. /1/ Name of sample. a/ Original soil; b/ Andesite tufa; c/ Yellow sand; d/ Yellow clay; e/ Grey clay; f/ Flying ash originating from power station. /2/ Total salt, %. /3/ Upper limit of plasticity according to Arany. /4/ Hydrolytic acidity, hy. /5/ Ratio of physical sand and clay. /6/ Organic matter, %.

Fig. 1. Studies on Endomycorrhizal fungi in spoils after seven years of recultivation with barley /A/ and maize /B/ as indicator plants. I. Frequency of mycorrhizal infection on the roots of the indicator plant /F/. II. Number of endomycorrhizal fungus spores /No. of spores/100 g soil/. Spoils: 1. Yellow clay; 2. Yellow sand; 3. Flying ashes. Treatments: a/ Control; b/ NPK; c/ NPK + lignite; Communal sewage sludge: d/ 10 t/ha; e/ 40 t/ha.

Fig. 2. Studies on Endomycorrhizal fungi in spoils after fourteen years of recultivation with barley /A/ and maize /B/ indicator plants. I-II and a/c/: See Fig. 1. Spoils: 1. Upper soil layer; 2. Andesite tufa; 3. Yellow sand; 4. Yellow clay; 5. Grey clay.

- Fig.* 3. Spore belonging to the genera *Glomus*, isolated from spoils.
Fig. 4. Spore belonging to the genera *Gigaspora*, isolated from spoils.
Fig. 5. Hyphae of endomycorrhizal fungi in the root cortex.
Fig. 6. Vesiculae in the root cortex.
Fig. 7. Long-term recultivation experiment.